



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Pat ntschrift  
10 DE 40 27 034 C 1

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
C 23 C 14/56  
C 23 C 14/26

21 Aktenzeichen: P 40 27 034.3-45  
22 Anmeldetag: 27. 8. 90  
43 Offenlegungstag: —  
46 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 12. 9. 91

DE 40 27 034 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

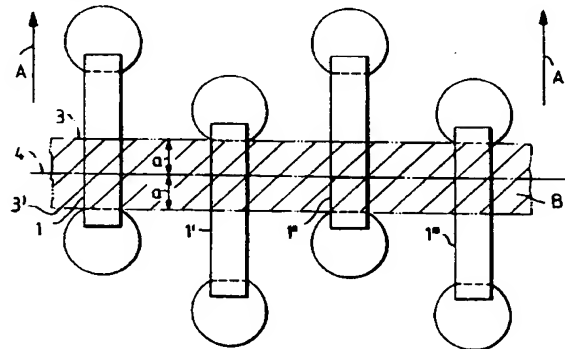
73 Patentinhaber:  
Leybold AG, 6450 Hanau, DE

72 Erfinder:  
Elvers, Björn, 6452 Hainburg, DE; Rübsam, Klemens,  
6485 Jossgrund, DE; Heinz, Jochen, 6307 Linden, DE;  
Harwarth, Georg, 8755 Alzenau, DE; Reibold, Ulrich,  
6916 Wilhelmsfeld, DE; Ross, Norbert, 6457 Maintal,  
DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
FR 20 52 433 A  
JP 1-219157 A. In: Patents Abstracts of Japan, C-660,  
29.11.89, Vol.13/No.536;

54 Vorrichtung zur laufenden Beschichtung von bandförmigen Substraten

57 Bei einer Vorrichtung zur laufenden Beschichtung von bandförmigen Substraten in einer Vakuumbeschichtungskammer, mit einer Vielzahl von - eine Verdampferbank bildenden, längs zur Bandlaufrichtung (A) und parallel in etwa gleichen Abständen zueinander angeordneten - Verdampferschiffchen (1, 1', ...) etwa gleicher Größe und Konfiguration, die sämtlich aus einer elektrisch leitenden Keramik gebildet und durch direkten Stromdurchgang beheizbar sind und bei der eine Einrichtung für die kontinuierliche Zuführung von zu verdampfendem Draht zu den Verdampferschiffchen vorgesehen ist, sind die einzelnen Verdampferschiffchen (1, 1', ...) der Verdampferbank jeweils zueinander versetzt angeordnet, wobei alle Verdampferschiffchen (1, 1', ...) gemeinsam eine schmale Beschichtungszone (B) überdecken, die sich quer zur Bandlaufrichtung (A) erstreckt.



DE 40 27 034 C 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur laufenden Beschichtung von bandförmigen Substraten in einer Vakuumbeschichtungskammer mit einer Vielzahl von — eine Verdampferbank bildenden, parallel zueinander und längs zur Bandlaufrichtung, in etwa gleichen Abständen zueinander angeordneten — Verdampferschiffchen etwa gleicher Größe und Konfiguration, wobei die Verdampferschiffchen sämtlich aus einer elektrisch leitenden Keramik gebildet und durch direkten Stromdurchgang beheizbar sind und eine Vorrichtung für die kontinuierliche Zuführung von zu verdampfendem Draht zu den Verdampferschiffchen vorgesehen ist.

Zum Stand der Technik sind Vorrichtung zur laufenden Beschichtung von bandförmigen Substraten in einer Vakuumbeschichtungskammer bekannt, bei denen die Verdampferschiffchen längs zur Bandlaufrichtung und parallel in etwa gleichen Abständen zueinander angeordnet sind.

Weiterhin ist eine Vorrichtung bekannt (DE-PS 9 70 246), die — um eine möglichst gleichmäßige Schichtstärke auf dem zu beschichtenden Substrat zu erreichen — den Verdampferschiffchen entsprechende Kammern in zwei oder mehr parallelen Reihen in derart versetzter Anordnung aufweist, so daß — von der Seite gesehen — sich die Kammern gegenseitig überdecken und keine Bedampfungslücke entsteht.

Darüber hinaus ist eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Bedampfung von bandförmigen Substraten bekannt (FR-A 20 52 433), bei der als Verdampfer eine Vielzahl von Verdampferschiffchen vorgesehen sind, die senkrecht zur Bandlaufrichtung angeordnet sind und die kontinuierlich bewegt und mit Quellenmaterial ergänzt werden. Die Beheizung der Einzelschiffchen ist individuell regelbar. Ein Nachteil besteht unter anderem darin, daß diese Verdampferschiffchen nicht für die Verdampfung von in Drahtform zugeführten Metallen geeignet ist.

Schließlich ist eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Bedampfung von bandförmigen Substraten bekannt (JA-A 01-2 19 157), bei der eine Vielzahl von Verdampferschiffchen mit gleichem Abstand zueinander und in Bandlaufrichtung angeordnet sind und die durch direkten Stromdurchgang beheizbar sind.

Diese vorstehend gekennzeichneten Vorrichtungen haben sämtlich den Nachteil, daß durch die Überlagerung der Verdampferkeulen der Einzelquellen eine ungleichmäßige Schichtverteilung auf dem zu beschichtenden Band entsteht. Im Idealfall ist dies eine wellenförmige Verteilung mit Maxima bzw. Minima über bzw. zwischen den Schiffchen. Die bestenfalls erreichbare Schichtgleichmäßigkeit wird bestimmt durch die Amplitude von Maxima und Minima. Die Amplitude selbst ist abhängig von der geometrischen Anordnung und der Emissions-Charakteristik (Ratenverteilung) der Einzelquellen sowie von der Wechselwirkung der Einzelquellen miteinander.

Die obengenannte Vorrichtung nach DE-PS 9 70 246 könnte möglicherweise die Schichtverteilung verbessern, hat aber den Nachteil, daß sie keinesfalls eine Alternative für die Hochratenbeschichtung mit einer üblichen Beschichtungsrate von größer als  $1 \mu\text{m}/\text{sec}$  bei einer Bandbeschichtungsbreite von maximal 3 m darstellt, da

1. keine kontinuierliche Drahtzufuhr möglich und
2. die notwendige Energiezufuhr zum Verdampfen

des Drahtes als technisch äußerst problematisch zu beurteilen ist.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, die gegenseitige Wechselwirkung der Einzelquellen zu verkleinern und damit die bislang erreichte Schichtgleichmäßigkeit zu verbessern, um ohne zusätzliche Kosten eine wesentlich verbesserte Beschichtungsqualität zu erreichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die einzelnen Verdampferschiffchen der Verdampferbank jeweils zueinander versetzt angeordnet sind, wobei alle Verdampferschiffchen gemeinsam eine schmale Beschichtungszone überdecken, die sich quer zur Bandlaufrichtung erstreckt.

Durch diese Versetzung der Verdampferschiffchen reduziert sich die Zahl der Stöße von Dampfatom untereinander (die freie Weglänge der Dampfatom liegt bei ca. 3 mm) und damit die gegenseitige Wechselwirkung. Dies wiederum bewirkt mit Vorteil eine nun flachere, wellenförmige Intensitätsverteilung mit Maxima bzw. Minima über bzw. zwischen den Schiffchen und somit eine bessere Gleichmäßigkeit der aufzudampfenden Schicht. Der Verlauf der Schicht läßt sich in einem Rechenmodell darstellen. Die flächigen Einzelquellen der Verdampferschiffchen entsprechen durch Überlagerung von Punktquellen einer allgemeinen Intensitätsverteilung proportional  $\cos^n \beta$  ( $\beta$  = Winkel zwischen der Flächennormalen des Schiffchens und dem Ortsvektor). Die gemessene Schichtdickenverteilung einer Einzelquelle (mit beispielsweise den Schiffchenabmessungen  $10 \times 30 \times 150$  [mm] und einer Kavität K von  $25 \times 90$  [mm]) läßt sich bei einer Beschichtungsrate von beispielsweise ca. 6 g/min durch eine Intensitätsverteilung mit einem Exponenten  $n=4$  beschreiben. Bei der Schichtdickenverteilung einer gesamten Verdampferbank mit paralleler Schiffchenanordnung und mit einem Schiffchenabstand von beispielsweise  $X=95$  mm erhöht sich der Exponent auf  $n=20$ , womit eine Erhöhung der Amplitude zwischen Maxima und Minima und damit eine schlechtere Schichtgleichmäßigkeit verbunden ist.

Die Erfindung läßt die verschiedensten Ausführungsmöglichkeiten zu; eine davon ist in den anliegenden Zeichnungen näher dargestellt, und zwar zeigt

Fig. 1 schematische Darstellung von Verdampferschiffchen für die Al-Bandbeschichtung als Einzelquellen in paralleler Anordnung gemäß Stand der Technik in der Draufsicht

Fig. 2 schematische Darstellung von Verdampferschiffchen für die Al-Bandbeschichtung als Einzelquellen in versetzter Anordnung gemäß Erfindung in der Draufsicht

Fig. 3 eine Graphik zum Vergleich der Schichtdickenverteilung bei Schiffchenanordnung als separierte Einzelquelle und als Einzelquelle im Verbund

Tabelle 1 die minimale Schichtdickenschwankung und den Wirkungsgradverlust beim Versetzen der Einzelquellen.

Wie Fig. 1 zeigt, weisen die rechteckförmigen Verdampferschiffchen 1, 1', ... auf ihren Oberflächen ebenso rechteckige Vertiefungen auf, die nachfolgend als Kavität K bezeichnet werden. An ihren Stirnseiten werden die Schiffchen 1, 1', ... von nahezu kreisrunden Einspannstücken 2, 2', ... gehalten und sind so angeordnet, daß ihre Längsachsen L, L', ... parallel und jeweils mit einem festen Abstand X zueinander verlaufen. Die gemeinsame Querachse 3 der einzelnen Verdampferschiffchen 1, 1', ... fällt mit der Mittellinie 4 aller Schiffchen 1,

1', ... und somit der gesamten Verdampferbank zusammen. Das zu beschichtende Band ist in Bandlaufrichtung A senkrecht zur Mittellinie 4 der Verdampferbank über diese hinweg bewegbar.

Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt aus einer Verdampferbank mit vier Verdampferschiffchen 1, 1', ... ähnlich der Darstellung in Fig. 1. Fig. 2 unterscheidet sich jedoch von Fig. 1 darin, daß die Verdampferschiffchen 1, 1', ... mit ihren Querachsen 3, 3' um den Abstand a von der Mittellinie 4 der gesamten Verdampferbank wechselseitig versetzt sind, wobei jedoch alle Verdampferschiffchen 1, 1', ... gemeinsam eine schmale, schraffiert dargestellte Beschichtungszone B überdecken, die sich quer zur Bandlaufrichtung A erstreckt.

In Fig. 3 ist eine graphische Darstellung der Schichtdickenverteilung auf einem beschichteten Bandsubstrat gezeigt. Die Verteilungskurven folgen einer cos-Funktion mit Exponent n, und zwar mit n=4 für eine separierte Einzelquelle und mit n=20 für eine Einzelquelle in einem Verbund.

Unabhängig von der absoluten Dicke der aufzubringenden Schicht haben die parabelförmigen Verteilungskurven ihr Maximum bei einem Abstand b=0 mm senkrecht zur Längsachse L, L', ... des Verdampferschiffchens 1, 1', ... d. h. das Maximum liegt auf der Längsachse L, L', ...

Die Verteilungskurve für die separierte Einzelquelle mit n=4 schmiegt sich bei ca. ±300 mm an die Ordinate b an, während die Kurve für eine Einzelquelle in einem Verbund von Verdampferschiffchen 1, 1', ... mit n=20 einen sichtbar steileren Verlauf einnimmt und sich schon bei ca. ±120 mm an die Ordinate b anlegt.

In Tabelle 1 sind als Funktion von a (a ist der Abstand zwischen den Querachsen 3, 3' der einzelnen Verdampferschiffchen 1, 1', ... und der Mittellinie 4 der Verdampferbank) die Schichtdickenschwankung

$$\frac{d_{\max} - d_{\min}}{d} (\%)$$

und der Wirkungsgradverlust ( $\eta \cdot -\eta$ ) (%) dargestellt.

$\eta$  ist der allgemeine Wirkungsgrad, der sich durch das Verhältnis der Mengen der auf das Substrat aufgedampften Moleküle zu den von den Verdampferschiffchen abgegebenen Molekülen ermittelt, und  $\eta_0$  ist der Wirkungsgrad für a=0. Dies vorausgesetzt und mit einer konstanten Abdampftrate von beispielsweise ca. 6 g/min wurde für a=0, d. h. parallele Schiffchenanordnung, so wie sie bislang angewendet wurde, eine Schichtdickenschwankung von 6–8% ohne Wirkungsgradverlust ermittelt. Für a=20 mm wurde eine verminderte Schwankung der Schichtdicke von 2–3% bei einem Wirkungsgradverlust von 2% festgestellt. Bei einem Abstand a=30 mm wurde eine Schichtdickenschwankung von kleiner/gleich 1% festgestellt, wobei der Wirkungsgradverlust bereits 4% betrug.

Der Wirkungsgradverlust läßt sich jedoch ausgleichen durch eine entsprechend erhöhte Aufdampftrate oder auch durch Geometrieänderungen an den Abschirmflächen.

#### Bezugszeichenliste

- 1, 1', ... Verdampferschiffchen
- 2, 2', ... Einspannstücke
- 3, 3' Querachse Verdampferschiffchen
- 4 Mittellinie Verdampferbank

K Kavität

L, L' ... Längsachse Verdampferschiffchen

X Abstand Schiffchen zu Schiffchen

A Bandlaufrichtung

5 B Beschichtungszone

a Abstand Querachse Verdampferschiffchen zu Mittellinie Verdampferbank

n Exponent

10 b Abstand senkrecht zur Längsachse des Verdampferschiffchens

d mittlere Schichtdicke

$d_{\max}$  maximale Schichtdicke

$d_{\min}$  minimale Schichtdicke

$\eta$  Wirkungsgrad = Aufdampftrate/Abdampftrate

15  $\eta_0$  Wirkungsgrad für a = 0

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur laufenden Beschichtung von bandförmigen Substraten in einer Vakuumbeschichtungskammer, mit einer Vielzahl von — eine Verdampferbank bildenden, längs zur Bandlaufrichtung (A) und parallel in etwa gleichen Abständen (X) zueinander angeordneten — Verdampferschiffchen (1, 1', ...) etwa gleicher Größe und Konfiguration, wobei die Verdampferschiffchen (1, 1', ...) sämtliche aus einer elektrisch leitenden Keramik gebildet und durch direkten Stromdurchgang beheizbar sind und wobei eine Vorrichtung für die kontinuierliche Zuführung von zu verdampfendem Draht zu den Verdampferschiffchen vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die einzelnen Verdampferschiffchen (1, 1', ...) der Verdampferbank jeweils zueinander versetzt angeordnet sind, wobei alle Verdampferschiffchen (1, 1', ...) gemeinsam eine schmale Beschichtungszone (B) überdecken, die sich quer zur Bandlaufrichtung (A) erstreckt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtungszone (B) eine Breite ( $2 \times a$ ) aufweist, die vorzugsweise kleiner ist als die halbe Länge eines Verdampferschiffchens (1, 1', ...).

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand (X) zwischen zwei benachbarten Verdampferschiffchen (1, 1', ...) vorzugsweise zwei Drittel der Länge eines Verdampferschiffchens (1, 1', ...) beträgt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zugeführte elektrische Leistung für jedes Verdampferschiffchen (1, 1', ...) individuell regelbar ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

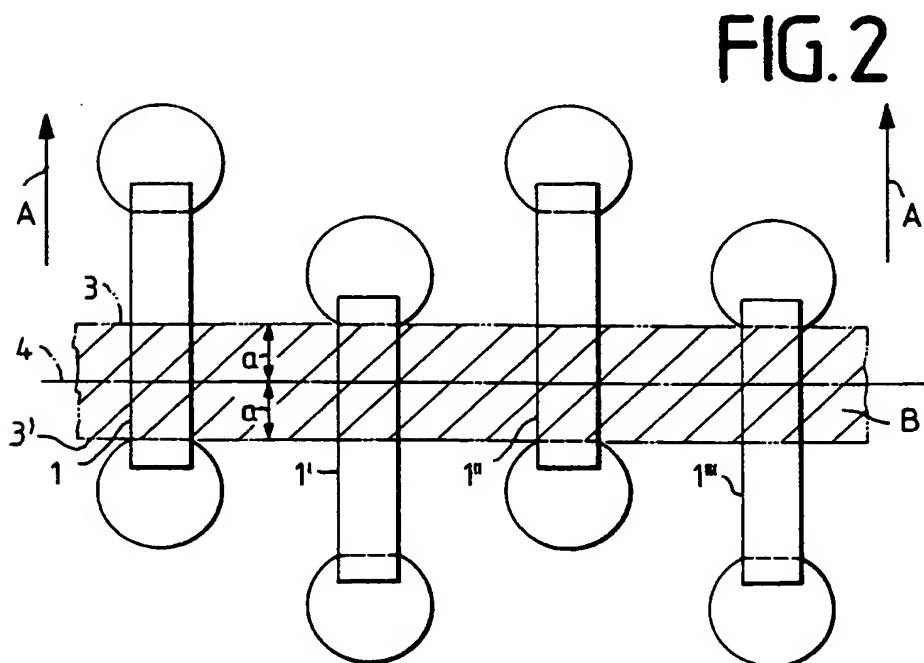
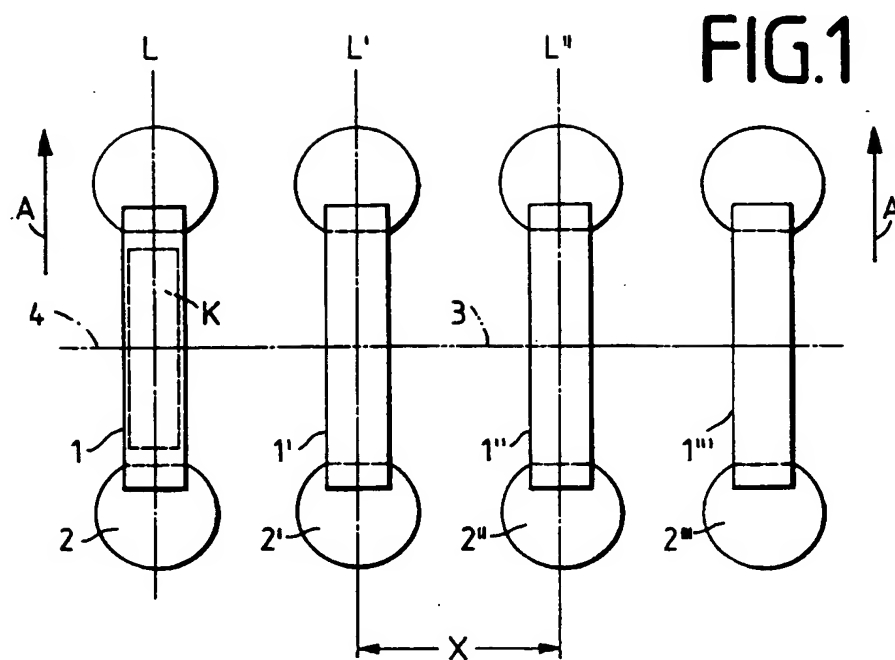
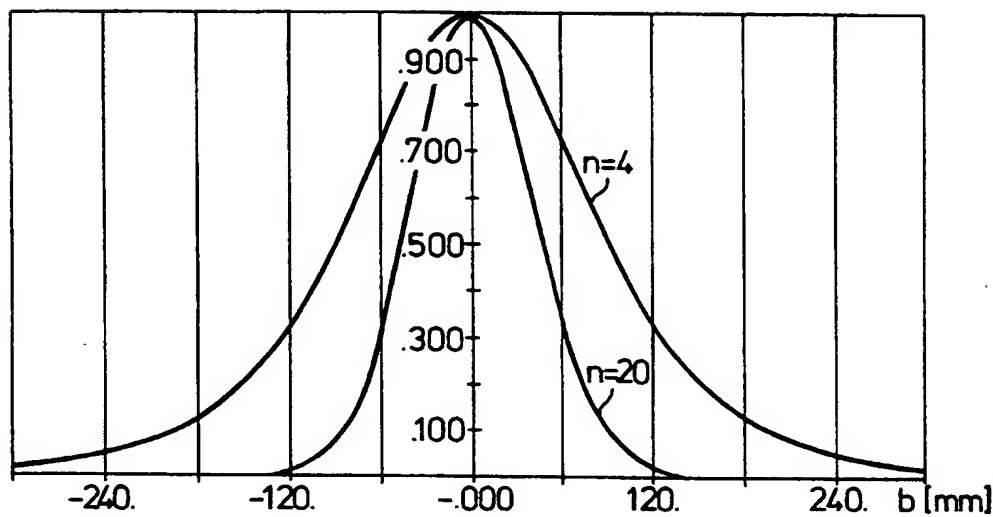


FIG.3



Tab.1

a [mm]	$\frac{d_{\max}-d_{\min}}{d}$ [%]	$(\eta_o - \eta)$ [%]
0	6-8	0
20	2-3	2
30	<1	4